

## PENGARUH PROSES *QUENCHING* BERULANG HASIL PENGELASAN SMAW PADA PIPA KILANG ASTM A 106 GRADE B TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKERASAN

**Bangkit Krisna Surya Handaru**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: bangkit.17050754023@mhs.unesa.ac.id

**Yunus**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: yunus@unesa.ac.id

### Abstrak

Pengelasan pada pipa-pipa fasilitas pengolahan minyak merupakan suatu hal yang penting karena dilihat dari kegunaannya yaitu mengalirkan minyak dan gas bumi, sehingga harus memiliki kekuatan yang tinggi. Kualitas hasil las dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya pada proses *quenching*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi *quenching* pada setiap *layer* pengelasan terhadap nilai kekuatan tarik dan kekerasan. Memanfaatkan teknik pemeriksaan eksperimental metode kuantitatif. selanjutnya diselidiki dengan *one way ANOVA* dan uji T. Pada penelitian ini menyimpulkan bahwa ada pengaruh yang signifikan pada hasil pengelasan SMAW pada pipa ASTM A 106 Grade B pada kekuatan tarik dengan nilai paling tinggi 415,87 N/mm<sup>2</sup> dan nilai tarik terendah 354,22 N/mm<sup>2</sup>, serta memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekerasan dengan nilai kekerasan paling tinggi 62,65 HRC sedangkan nilai kekerasan paling rendah 52,05 HRC.

**Kata kunci:** *Pipa ASTM A 106 Grade B, SMAW, Quenching, Pengujian Kekerasan dan Tarik*

### Abstract

*Welding on the pipes of oil processing facilities is an important thing because it is seen from its use, namely flowing oil and natural gas, so it must have high strength. The quality of the weld is influenced by several factors, one of which is the quenching process. The purpose of this study was to determine the effect of quenching variations in each welding layer on the value of tensile strength and hardness. Utilizing the experimental examination technique of quantitative methods. further investigated by one way ANOVA and T test. In this study concluded that there is a significant effect on the SMAW welding results on ASTM A 106 Grade B pipes on tensile strength with the highest value of 415.87 N/mm<sup>2</sup> and the lowest tensile value of 354.22 N/mm<sup>2</sup>, and has a significant effect on the hardness value with the highest hardness value being 62.65 HRC while the lowest hardness value is 52.05 HRC.*

**Keywords:** *ASTM A 106 Grade B Pipe, SMAW, Quenching, Hardness, Tensile Strength*

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di bidang manufaktur yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dari teknik pengelasan karena mempunyai peranan penting dalam rekayasa dan reparasi logam. Pembangunan konstruksi menggunakan baja karbon banyak melibatkan unsur pengelasan khususnya pada konstruksi mesin. Pengelasan adalah suatu proses penggabungan logam dimana logam menjadi satu akibat panas las, dengan atau tanpa pengaruh tekanan, dan dengan atau tanpa logam pengisi. Berdasarkan definisi dari *Dutch Industrie Normen* (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam yang memanfaatkan energi panas (Wryosumato, 2000).

Sambungan ke pipa kilang, tabung boiler, pipa instalasi air dan instalasi kilang lainnya juga biasa dilas. Karena jaringan pipa merupakan unit penting dalam kilang dan utilitas. Kualitas material, material dan sambungan las pada pipa harus diperhatikan. Kode material pipa yang sering digunakan dalam produksi minyak dan gas adalah ASTM (*American Standard for Tests and Materials*), API (*American Petroleum Institute*), dan ANSI (*American National Standards Institute*). Untuk perpipaan kilang, perpipaan ASTM sering digunakan karena dianggap paling cocok dalam hal ketersediaan dan biaya. Pipa kilang harus mampu menahan suhu dan tekanan yang sangat tinggi karena jika tidak tekanan yang tinggi akan menimbulkan kebocoran sehingga akan menyebabkan kecelakaan kerja yang fatal.

Kekuatan sambungan las sangat mempengaruhi sifat sambungan las dan prasyarat pengembangan konstruksi

perpipaan, terutama dalam industri minyak. Pengujian tarik adalah pengujian untuk menentukan sifat mekanik material yang sebagian besar dilakukan dengan alasan bahwa memberikan data delegasi dan perilaku mekanis material. Hasil yang didapat dari pengujian tarik sangat penting untuk perancangan karena menghasilkan informasi kekuatan material. Kekerasan suatu material adalah proporsi dari kapasitas material untuk menahan cacat plastik. Faktor kekerasan material diantaranya sebagai ketahanan bahan terhadap penetrasi pada permukaannya (*weld face*) sehingga cenderung disimpulkan bahwa ada hubungan antara kekerasan dan kekuatan material. Metode yang paling terkenal untuk memperluas nilai kekerasan material adalah perlakuan panas melalui *quenching*. Siklus ini menggabungkan baja pemanasan pada suhu tertentu, dipertahankan pada waktu tertentu dan didinginkan dalam media tertentu juga. Pendinginan cepat setelah dipanaskan hingga suhu tinggi dapat menumbuhkan struktur martensit yang dapat membangun kekerasan baja.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh proses *quenching* berulang hasil pengelasan SMAW dengan terhadap kekuatan tarik dan nilai kekerasan pipa ASTM A106 grade B.

## METODE

Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimental yaitu untuk mengungkapkan akibat dari perlakuan yang diberikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi *quenching* berulang pada setiap *layer* pengelasan SMAW pada pipa kilang ASTM A106 grade B terhadap kekuatan tarik dan kekerasan.

## Tempat dan Waktu Penelitian

### • Tempat Penelitian

Pengelasan dan pembuatan spesimen dilakukan di PPSDM MIGAS Cepu, uji tarik dilaksanakan di Politeknik Negeri Malang, dan uji kekerasan *Rockwell* di Lab Pengujian Bahan Universitas Negeri Surabaya.

### • Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan dalam rentang waktu tiga bulan setelah pengajuan penelitian disetujui.

## Variabel Penelitian

### • Variabel Bebas

Variasi A : pengelasan *root*, *filler* dan *capping* di *quenching* setelah selesai pengelasan pada setiap *layer*.

Variasi B : pengelasan *root* tanpa *quenching*, pengelasan *filler* dan *capping* di *quenching* setelah selesai pengelasan pada setiap *layer*.

Variasi C : pengelasan *root* dan *filler* tanpa di *quenching*, pengelasan *capping* di *quenching* setelah selesai pengelasan.

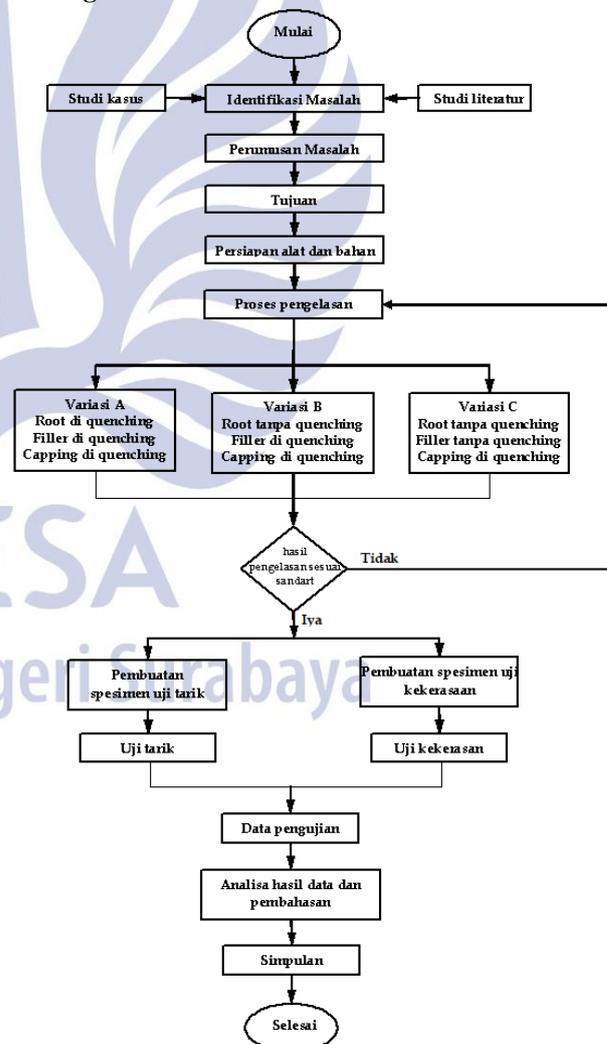
### • Variabel Terikat

Nilai kekerasan dan kekuatan tarik pada pipa ASTM A106 Grade B

### • Variabel Kontrol

Material pipa ASTM A 106 Grade B diameter 6 inch dengan ukuran tebal 7 mm, elektroda E7016  $\emptyset$  3.2 mm, kampuh las menggunakan jenis V groove, posisi pengelasan menggunakan posisi 1 G, media pendingin berupa air dengan suhu 25°C-30°C, volume air pendingin 5 L, dengan kuat arus pengelasan 75 A, pengelasan menggunakan mesin las SMAW, pada saat di *quenching* material didiamkan selama 15 menit didalam air, pengujian kekerasan menggunakan alat *Rockell Hardness Tester* skala HRC dan pengujian tarik menggunakan standar JIS Z 2201.

## Rancangan Penelitian



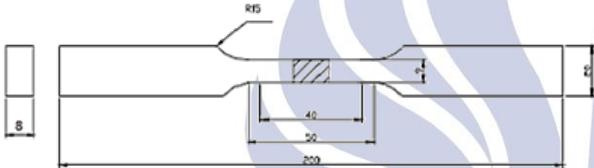
Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

**Proses Pengelasan**

- Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan
- Periksa bevel pada pipa dengan standar 70°
- Mempersiapkan mesin las SMAW dan elektroda E7016
- Periksa konektor – konektor kabel las DC (- & +) dan mesin las
- Menggunakan ampere sesuai prosedur yang ditetapkan
- Sebelum melakukan pengelasan bersihkan dulu permukaan benda yang akan dilas
- Pengelasan dilakukan sebanyak tiga *layer* (*root weld*, *filler weld*, dan *capping weld*)
- Melakukan proses variasi *quenching* pada setiap *layer* pengelasan.

**Pembuatan Spesimen Uji**

Spesimen uji tarik sebanyak 27 spesimen, yaitu sebanyak 9 spesimen pada tiap variasi *quenching*.



**Gambar 2.** Ukuran Spesimen Uji tarik

**Teknik Analisis Data**

Setelah dilakukan perhitungan pada data hasil pengujian, selanjutnya dilakukan analisis data. Untuk mengetahui signifikansi hasil pengujian, dilakukan analisis statistika menggunakan metode ANOVA. Kemudian untuk mengetahui perbedaan signifikansi antar dua variabel dilakukan uji-t.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Data Hasil Pengujian**

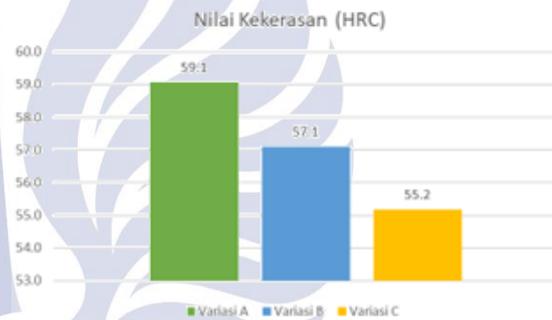
- **Pengujian Kekerasan**

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Kekerasan

variasi	Nilai/Titik Uji			
	base metal	weld metal	HAZ	HRC
A1	52.5	60.1	54.8	56.3
A2	58.5	61.8	57.3	60.15
A3	50.6	62.5	54.9	56.55
A4	57.1	68.2	59.2	62.65
A5	51.4	62.8	53.6	57.1
A6	54.3	62.5	56.1	58.4
A7	55.2	64.1	57	59.65
A8	55.1	63.8	56.4	59.45
A9	58.3	64.5	55.9	61.4
Rata-rata Spesimen Variasi A				59.1
B1	56.6	60.8	57.1	58.7
B2	50.8	60.1	54	55.45
B3	49.3	63.1	51.5	56.2

B4	51.9	61.7	55.5	56.8
B5	56.5	63	58.7	59.75
B6	49.9	62.1	52.6	56
B7	50.2	59.9	55.7	55.05
B8	54.2	61.2	55.6	57.7
B9	55.6	60.9	57.9	58.25
Rata-rata Spesimen Variasi B				57.1
C1	50.2	62.6	52.8	56.4
C2	49.9	57	50.3	53.45
C3	50.1	62.8	53.7	56.45
C4	48.6	55.5	51.5	52.05
C5	51.9	60.9	53.5	56.4
C6	49	60.2	52.9	54.6
C7	48.8	59.8	52.6	54.3
C8	50.1	61.1	54.3	55.6
C9	51.5	63.2	53.7	57.35
Rata-rata Spesimen Variasi C				55.2

Dari nilai kekerasan yang didapatkan, maka didapatkan grafik perbandingan nilai kekerasan HRC rata-rata dari tiga variasi *quenching* pada setiap *layer* sebagai berikut :



**Gambar 3.** Grafik Nilai Rata-Rata Kekerasan HRC

Hasil grafik nilai uji kekerasan pada pipa ASTM A 106 Grade B membuat kurva menurun dari variasi A, variasi B, dan variasi C. Untuk sambungan las pipa ASTM A 106 Grade B variasi A mempunyai nilai kekerasan HRC rata-rata sebesar 59,1 HRC. Untuk sambungan las pipa ASTM A 106 Grade B variasi B mempunyai nilai kekerasan HRC rata-rata sebesar 57,1 HRC. Untuk sambungan las pipa ASTM A 106 Grade B variasi C mempunyai nilai kekerasan HRC rata-rata sebesar 55,2 HRC.

**Tabel 2.** Hasil Uji-T Nilai Kekerasan

NO	Variasi	N	Mean	Std. Deviation	Std. error mean	Sig. (2-tailed)	t	Keterangan
1	A	9	59.07	2.18648	0.72883	0.044	2.187	Ada perbedaan yang signifikan
	B	9	57.1	1.59295	0.53098		2.187	
2	A	9	59.07	2.18648	0.72883	0.001	4.21	Ada perbedaan yang signifikan
	C	9	55.18	1.70937	0.56979		4.21	
3	B	9	57.1	1.59295	0.53098	0.025	2.468	Ada perbedaan yang signifikan
	C	9	55.18	1.70937	0.56979		2.468	

Berdasarkan hasil independent sample t-test diperoleh t-hitung sebesar 4,384 dengan skor 0,002. Disimpulkan baha Ha diterima dan dapat dikatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada nilai uji kekerasan, dengan nilai uji kekerasan untuk varian B lebih besar daripada untuk varian A.

Berdasarkan hasil independent sample t-test diperoleh t-hitung 4,384 dengan skor 0,002. Maka dari nilai tersebut Ha diterima dan dapat dikatakan terdapat perbedaan nilai uji kekerasan yang signifikan, dengan nilai uji kekerasan untuk varian C lebih besar dari pada varian A.

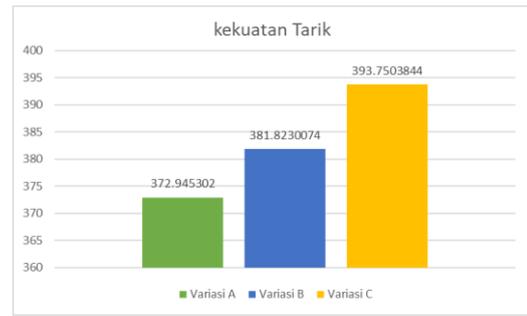
Berdasarkan hasil independent sample t-test , t-hitung adalah 4,384 dengan tanda 0,001. Maka dari nilai tersebut Ha diterima dan dapat dikatakan terdapat perbedaan yang signifikan pada nilai uji kekerasan, dengan nilai uji tarik pada varian C lebih besar dari pada varian B.

- Pengujian tarik

Tabel 3. Data Hasil Uji Tarik

VARIASI	BEBAN (N)	KUAT TARIK (N/mm <sup>2</sup> )	KUAT LULUH (Mpa)	ELONGASI (%)
A1	32420.5066	359.091504	238.049424	8.8%
A2	31506.8051	360.0777728	236.771758	9.3%
A3	31814.7339	363.5969592	243.025598	9.4%
A4	32179.5413	367.7661864	249.279439	9.2%
A5	31371.4734	358.531124	237.444214	8.9%
A6	31963.795	365.3005144	245.087797	8.5%
A7	31785.314	363.2607312	237.197646	9.5%
A8	31732.3581	362.6555208	238.968447	9.3%
A9	32994.898	354.2274056	229.621309	9.0%
Rata-rata	31641.0473	361.6119687	239.493959	9.1%
B1	31638.2142	361.5795912	287.900829	8.2%
B2	33183.7423	379.2427688	280.974532	8.6%
B3	35229.4095	402.6218224	315.49394	12.4%
B4	32924.8467	376.2839624	276.693229	10.3%
B5	33507.3617	382.9412768	297.853178	9.7%
B6	32226.6132	368.3041512	294.221915	9.8%
B7	33954.545	388.0519424	286.600747	9.0%
B8	33132.7477	378.6599736	289.447478	9.0%
B9	34888.138	398.7215776	294.132254	9.8%
Rata-rata	33409.5131	381.8230074	291.479789	9.6%
C1	36388.5555	415.8692056	291.599337	9.8%
C2	33199.4329	379.4220904	267.704734	10.3%
C3	33668.1908	384.7793232	267.458166	10.1%
C4	33209.2396	379.5341664	278.934749	10.8%
C5	33723.108	385.4069488	268.713418	9.5%
C6	34884.2154	398.6767472	275.056919	10.5%
C7	35757.0072	408.6515112	264.230378	9.6%
C8	34074.1861	389.4192696	287.878414	9.9%
C9	35174.4922	401.9941968	262.975126	10.0%
Rata-rata	34453.1586	393.7503844	273.839027	10.1%

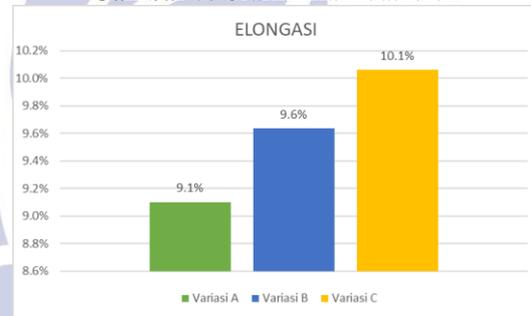
Dari hasil uji tarik tersebut, maka dibuatkan diagram seperti berikut ini :



Gambar 4. Grafik nilai kekuatan tarik



Gambar 5. Grafik nilai kuat luluh



Gambar 6. Grafik nilai elongasi

Pengelasan Pipa ASTM A 106 grade B dengan Variasi A memiliki kekuatan tarik rata-rata 361,61 N/mm<sup>2</sup>, kekuatan luluh 239,49 MPa dan perpanjangan 9,1%. Untuk pengelasan pipa, ASTM A 106 Grade B dengan variasi B memiliki kekuatan tarik rata-rata 381,82 N/mm<sup>2</sup>, kekuatan luluh 291,47 MPa dan perpanjangan 9,6%. Untuk pengelasan pipa ASTM A 106 Grade B dengan variasi C memiliki kekuatan tarik rata-rata 393,75 N/mm<sup>2</sup>, kekuatan luluh 273,83 MPa dan perpanjangan 10,1%. Dari grafik di atas dapat disimpulkan bahwa perlakuan pendinginan cepat mempengaruhi kekuatan tarik, kekuatan luluh dan perpanjangan. Banyak faktor yang mempengaruhi kekuatan sambungan las. Pada penelitian ini, variasi C mencapai kekuatan tarik dan perpanjangan tertinggi dibandingkan dengan variasi B dan variasi A. Karena kekuatan luluh tertinggi diperoleh pada variasi B.

**Tabel 4.** Hasil Uji-T kekuatan tarik

NO	Variasi	N	Mean	Std. Deviation	Std. error mean	Sig. (2-tailed)	t	Keterangan
1	A	9	361.16	4.06185	1.35395	0.002	4.384	Ada perbedaan yang signifikan
	B	9	381.82	13.21977	4.40659		4.384	
2	A	9	361.16	4.06185	1.35395	0.001	7.013	Ada perbedaan yang signifikan
	C	9	393.75	13.13311	4.37777		7.013	
3	B	9	381.82	13.21977	4.40659	0.037	1.92	Ada perbedaan yang signifikan
	C	9	393.75	13.13311	4.37777		1.92	

Berdasarkan pada hasil pengujian independent sample T-test diperoleh t hitung sebesar 4,384 dengan sig sebesar 0,002. Sehingga dari nilai tersebut maka  $H_0$  di terima dan dapat dinyatakan ada perbedaan yang signifikan pada nilai uji tarik, dimana didapatkan nilai uji tarik pada variasi B lebih besar dibandingkan dengan variasi A.

Berdasarkan pada hasil pengujian independent sample T-test diperoleh t hitung sebesar 4,384 dengan sig sebesar 0,002. Sehingga dari nilai tersebut maka  $H_0$  di terima dan dapat dinyatakan ada perbedaan yang signifikan pada nilai uji tarik, dimana didapatkan nilai uji tarik pada variasi C lebih besar dibandingkan dengan variasi A.

Berdasarkan pada hasil pengujian independent sample T-test diperoleh t hitung sebesar 4,384 dengan sig sebesar 0,001. Sehingga dari nilai tersebut maka  $H_0$  di terima dan dapat dinyatakan ada perbedaan yang signifikan pada nilai uji tarik, dimana didapatkan nilai uji tarik pada variasi C lebih besar dibandingkan dengan variasi B.

### Hasil Analisa

#### - Pengujian Kekerasan

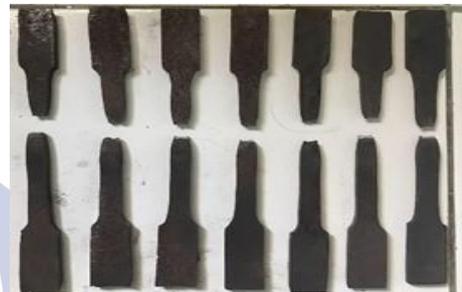
Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan bahwa pengelasan pipa kilang dengan Varian A memiliki nilai kekerasan rata-rata tertinggi dari varian lainnya dengan rata-rata angka 59,1 HRC, sedangkan Varian B memiliki rata-rata hitungan 57,1 HRC dan varian C memiliki rata-rata hitungan 55,2HRC. Hal ini dikarenakan Varian A mengalami *quenching* paling banyak pada bagian *root*, *filler* dan *capping*, sehingga banyak butir sementit yang terbentuk sehingga memberikan sifat keras dan getas pada logam.



**Gambar 7.** Spesimen Hasil Pengujian Kekerasan

#### - Pengujian Kekuatan Tarik

Dari pengujian yang dilakukan, ternyata pengelasan pipa dengan varian C memiliki nilai tarik rata-rata tertinggi dari varian lainnya dengan nilai rata-rata 393,75 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan varian B memiliki nilai rata-rata 381,823 N/mm<sup>2</sup> dan varian A memiliki nilai rata-rata 361.611 N/mm<sup>2</sup>. hal ini dikarenakan varian C hanya dilakukan 1 kali *quenching* di lapisan *capping*, yang memberi material kemungkinan untuk membentuk kristal dan mengikat elemen logam.



**Gambar 8.** Spesimen Hasil Pengujian Tarik

### PENUTUP

#### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pengaruh variasi *quenching* pada setiap *layer* pengelasan SMAW pipa kilang ASTM A 106 *grade* B terhadap kekuatan tarik dan kekerasan, maka dapat disimpulkan bahwa :

- Hasil uji tarik pipa ASTM A 106 *grade* B las SMAW dengan variasi *quenching* C memberikan nilai tarik rata-rata tertinggi sebesar 393,75 N/mm<sup>2</sup> sedangkan tegangan terlemah pada varian A dengan nilai 361,611 N/mm<sup>2</sup>. Hasil ini menunjukkan bahwa banyaknya *quenching* pada setiap lapisan las berpengaruh signifikan terhadap nilai uji tarik. Semakin banyak *quenching* maka semakin rendah nilai kekuatan tarik, yang menyebabkan terjadinya perubahan struktur mikro dan membuat pipa menjadi getas.
- Hasil uji kekerasan pada pipa kilang ASTM A 106 *grade* B dari pengelasan SMAW dengan variasi A memiliki nilai kekerasan tertinggi senilai 59,1 HRC sedangkan nilai kekerasan terkecil adalah pada variasi C sebesar 55,2 HRC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berbagai jenis pemadam secara keseluruhan mempengaruhi nilai kekerasan. Banyak proses pemadaman membuat material lebih keras dan lebih lemah.

#### Saran

- Penting untuk menyelesaikan pemeriksaan lebih lanjut, khususnya mengarahkan pengujian yang berbeda, misalnya, uji erosi dan uji puntir dengan alasan bahwa menurut perspektif penggunaannya,

pipa pabrik pengolahan minyak harus memiliki opsi untuk menahan suhu dan tegangan tinggi.

- Fokus pengelasan harus ditujukan kepada parameter las karena akan mempengaruhi sifat mekanik material dan sambungan las.
- Dalam proses uji kekerasan, penting untuk menguji seluruh *layer* pengelasan, bukan hanya permukaannya dengan alasan variasi yang digunakan lebih dari 1 lapisan.

Potong Plat Beton (Doctoral Dissertation, Universitas Pancasakti Tegal).

- Purba, M. F. I., & Fakhriza, F. 2020. Pengaruh Variasi Temperatur PWHT Dan Tanpa PWHT Terhadap Sifat Kekerasan Baja ASTM A 106 *Grade B* Pada Proses Pengelasan SMAW. *Journal of Welding Technology*, 2(1), 13-18.

## REFERENSI

- Alkindiy, Ardian Bagas 2020. penelitian tentang pengaruh jumlah variasi *layer* pada sambungan las smaw dengan elektroda nsn 308, material sus 304 terhadap nilai kekuatan tarik, kekerasan, dan mikro etsa. Diploma thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ardiansah, A. 2019. Studi Hasil Proses Pengelasan Fcaw (Flux Cored Arc *Welding*) Pada Material St 41 Dengan Variasi Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro. *Jurnal Teknik Mesin*, 7(2)
- Arifin, S., 1997. Las Listrik dan Otogen, Jakarta : Ghalia Indonesia.
- Daryanto. 2013. Teknik Pengelasan Logam. Bandung: Sarana Tutorial Nurani Sejahtera.
- Irzal, I., Nurdin, H., Rifelino, R., & Erizona, N. (2011). Kekuatan Sambungan Las Pipa Baja Karbon Pada Posisi Pengelasan 5G dan 6G Menggunakan Elektroda E-7018.
- Januar, Aris. 2016. Kajian Hasil Proses Pengelasan MIG dan SMAW Pada Material ST 41 Dengan Variasi Media Pendingin (Air, Collent, dan Es) Terhadap Kekuatan Tarik. Surabaya: Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya
- Jordi, Muhammad. 2017. Analisa Pengaruh Proses *Quenching* Dengan Media Berbeda Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Baja St 36 Dengan Pengelasan SMAW. Semarang: Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro.
- Khalifa, Aisyah 2021. pengaruh variasi arus pengelasan SMAW pada refinery pipe ASTM A 106 *grade B* terhadap kekuatan impak dan kekerasan. *Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya*.
- Pradana, A. A., Carsoni, C., & Ma'mun, H. (2021). Pengaruh Variasi Media Pendingin Pada Proses Pengelasan Gmaw Terhadap Kekerasan dan Ketangguhan Baja Aisi 1045. *Majalah Ilmiah Momentum*, 17(1).
- Prasetyo, D. 2019. Variasi Media Pendingin Pada Proses Heat Treatment Baja Karbon St41 Untuk Pisau

